

ひらめき☆ときめきサイエンス

エコカイロをつくらう  
— 過冷却液体の不思議 —



2012年11月4日(日)

東京電機大学埼玉鳩山キャンパス

# 今日の予定

時間	内容
10:00～10:15	受付(埼玉鳩山キャンパス理工学部8号館物理実験室前集合)
10:15～10:30	開講式(あいさつ、科研費の説明:小田垣)
10:30～11:30	講義「物質の様々な相と非平衡状態」(小田垣)
11:30～12:30	昼食・懇談
12:30～13:30	キャンパス見学
13:30～13:50	実験についての注意(山室・細田)
13:50～15:20	実習「エコカイロの作成」(小田垣・山室・細田)
15:20～15:30	後片付け
15:30～16:00	未来博士号授与(佐藤学部長) アンケート記入 修了式
16:00	終了・解散

平成24年度

ひらめき☆  
ときめき  
サイエンス

～ようこそ大学の研究室へ～

➡ もっと科研費が知りたい方は

● JSPS日本学術振興会科研費ホームページ  
<http://www.jsps.go.jp/j-grantsinaid/>

● 科研費データベース(国立情報学研究所)  
<http://kaken.nii.ac.jp/>

➡ ひらめき☆ときめきサイエンス

● JSPS日本学術振興会 ひらめき☆ときめきサイエンスホームページ  
<http://www.jsps.go.jp/hirameki/>

お問い合わせ  
独立行政法人日本学術振興会(JSPS)  
研究事業部研究助成第二課企画・調整係  
TEL 03-3263-1431  
HP <http://www.jsps.go.jp/>

K A K E N H I

 JSPS 日本学術振興会  
JAPAN SOCIETY FOR THE PROMOTION OF SCIENCES

# ひらめき☆ときめきサイエンスってなに??

What is "HIRAMEKI TOKIMEKI Science" Program?

大学などの研究機関で行っている科研員の先駆的な研究成果について、小中高校生の皆さんが、直に見る、聞く、ふれることで、科学のおもしろさを感じてもらおうプログラムです。

今年度は全国の**120機関**で、**205プログラム**が行われています。

※プログラムの一覧はホームページをご覧ください。(URLは裏表紙に掲載しています)



東北大学

泡で金属をたいて強くする



東京大学

身近な不思議発見隊  
—おこめができるまで大研究—



神奈川大学

酸化分解性ポリマーの合成と分解  
～キッチンハイターで分解できるプラスチック～



生理学研究所

脳内神経回路が活性化する  
様子を見てみよう



佛教大学

学習中の君の脳の働きを実際に見て、  
脳博士になってみよう!



茨城大学

体験!アグリサイエンス



## ひらめき☆ときめきサイエンス (研究成果の社会還元・普及事業) 推進委員会からのメッセージ

末松 安晴先生 公益財団法人高柳記念財団 理事長



このプログラムは、大学が育てている学術と日常生活との関わりを知っていただくために、科研費(KAKENHI)による研究成果をわかりやすく発信することを通じて、将来を担う生徒の知的好奇心を刺激し、量かさど知的創造性を育むことを目指しています。様々なプログラムを用意して皆さんをお待ちしています。

白川 英樹先生 筑波大学名誉教授 2000年ノーベル化学賞受賞



自分が興味を持った分野だけでなく他の分野も含めているいろいろなことを学ぶことが一番大切なことです。大学の實驗室や研究室の様子を見て、その雰囲気や味わうことにより、これから大学で学びたいと思っている皆さんに、人生の選択の一つのきっかけを得て欲しいと願っています。



## 参加者からのメッセージ



「ひらめき☆ときめきサイエンス」に参加した当時の川口さん  
(慶應義塾大学定立キャンパス)

川口 真依さん 慶應義塾大学薬学部(現在)

私は「ひらめき☆ときめきサイエンス～バイオと有機合成の力を合わせて環境に優しく、医薬品を作ろう～」に参加した当時、高校3年生でした。以前から環境や人に優しい医薬品を作り出す過程に興味があり、今まで自分が想像することができなかった微生物から医薬品を導き出す実験を経験し、さらに科学に興味を持ち始めました。このプログラムに参加して薬の研究を身近に感じられたことで、薬学部に進学しようと思う大きなきっかけとなりました。

# 日本学術振興会(JSPS)ってなに??

What is JSPS?

日本学術振興会は、科研費などによる学術研究への研究費の助成のほか、研究者の養成や学術に関する国際交流の促進、大学改革を支援する事業を積極的に行っています。



安西 祐一郎 理事長 (前副総務部長)

科研費によって得られた研究成果を社会に還元するため、「ひらめき☆ときめきサイエンス」を行っており、小中高校生の皆さんに、学術研究にふれるチャンスを提供しています。皆さんの参加をお待ちしています。

## 学術システム研究センター

大学などの第一線の研究者による学術の振興に関するシンクタンクとして、日本学術振興会事業への様々な提案・助言を行うほか、科研費などの審査・評価業務に参画しています。

小林 誠 所長  
2008年ノーベル物理学賞受賞



## 日本学術振興会ロゴマーク

ロゴマークにある鳥は、古来より魂を象徴するものとして知られている「長嶋鳥(ながさきどり)」を国産化したものです。

## 研究助成

科研費をはじめ、さまざまな研究活動の支援を行っています。

### ●科学研究費助成事業(科研費)

自由な発想に基づく、基礎から応用までのあらゆる学術研究を支援しています。「ひらめき☆ときめきサイエンス」では、この科研費による研究成果について体験することができます!



### ●最先端研究開発支援

政府(総合科学技術会議及び文部科学省)の指示に基づき、最先端研究開発支援プログラム及び最先端・次世代研究開発支援プログラムの運用・研究費の執行を行っています。



## 研究者養成

我が国トップクラスの優れた大学院生や若手研究者に対して経済支援や海外への派遣を行っているほか、優秀な大学院生を表彰しています。

### ●特別研究員

優れた博士課程学生や博士課程を修了した若手研究者に対して研究奨励金を支給し、研究に専念できるよう支援しています。



### ●育志賞

将来、日本の学術研究の発展に貢献することが期待される優秀な博士課程の学生を表彰し、その勉学及び研究意欲を高め、若手研究者の養成を図っています。



## 国際交流

ノーベル賞受賞者や著名な研究者と交流するプログラムなど、世界各国を対象とした学術の国際交流をさかんに行っています。

### ●HOPEミーティングJr.(小・中学生)

### ●HOPEダイアログ(高校生)

ノーベル賞受賞者と将来科学者を目指す小・中学生、高校生が講演や対話を通して交流するプログラムです。



HOPEミーティングJr.(小・中学生)

### ●サイエンス・ダイアログ(高校生)

日本学術振興会の事業で来日している世界各国の博士たちと高校生が、研究や母国について英語で語り合うプログラムです。



# 科研費(KAKENHI)ってなに??

What is KAKENHI?



大学の先生など、研究者の**自由な発想**による研究をサポートする研究費のことです。

この**自由な発想**による研究を**学術研究**というんだよ!

科研費は、文学や歴史から生命や宇宙の起源まで、すべての分野にわたって、研究活動に必要な資金を出しているんだ!

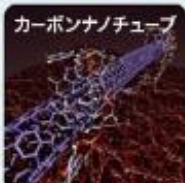
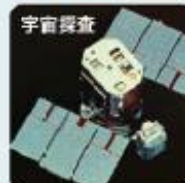
ノーベル賞を受賞した研究成果や、ハイテク家電の技術など、現在注目されている日本の学術研究は、初めに科研費を受けているものがほとんどなんだよ!

科研費には、毎年**約10万件**もの応募があるけれど、このうち**3割程度**の特に優秀な研究だけが採択されるんだって!

科研費は、国のお金(わたしたちのお父さんお母さんが納めている税金)から支出されているんだ。科研費による研究は、日本中のみんなが支えているんだね。

平成24年度の科研費の予算額は**2,566億円!!**  
大学の先生などには有名な研究費なんだ。

科研費による研究の中から、未来の生活をより豊かにする画期的な技術が、どんどん生み出されるといいわ!



科研費(KAKENHI)

大学の先生などの研究者

皆さんもよく知るさまざまな研究活動を支えています。

## 科研費による研究成果の発表

科研費から生まれた研究成果は、「ひらめき☆ときめきサイエンス」以外にもいるんな形で発表されています。



論文発表

学会発表

学術雑誌

新聞(報道)掲載

一般向け  
シンポジウム

図書・雑誌

研究者へ

広く社会へ

もっと詳しく  
知りたい人は...

科研費データベース  
(国立情報学研究所)



科研費NEWS  
(JSPS)



(各ホームページとURLは裏表紙に掲載しています)

# 研究の発展: 基礎から応用へ

## 国の科学技術予算

科学研究費  
など

科学技術振興  
調整費など

基盤的基礎研究

発展的基礎研究

応用研究

生産ライン

現象の発見  
原理の発見

現象の深化  
原理の発展

製品化  
技術開発

起業

理 学

工学・医学・農学・

# 科学研究費による研究

研究種目: 基盤研究(C)

研究期間: 2007～2009

課題番号: 19540405

研究課題名(和文) ガラス転移を統一的に理解する自由エネルギーランドスケープ理論の研究

研究課題名(英文) Free energy landscape theory for unified understanding of glass transition

研究代表者: 小田垣 孝 (ODAGAKI TAKASHI) 研究者番号: 90214147  
東京電機大学・理工学部・教授

液体を急速に冷却してガラス化させる過程で見られる種々の現象を統一的に説明できる理論を構築した。

1. 通常の平衡統計力学を自由エネルギーランドスケープに基づいて再定式化し、比熱の跳び、構造エントロピーの特徴が説明できることを示した。
2. 自由エネルギーランドスケープ上の系の時間発展を解析し、種々の遅い緩和の特徴が完全に説明できることを示した。
3. 分子動力学シミュレーションにより一成分単純系のガラス化に成功した。



平成22年度～平成24年度科学研究費補助金  
基盤研究(c)

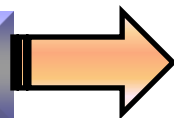
研究課題名 自由エネルギーランドスケープ理論を用いたガラス転移現象の解明

課題番号 

2	2	5	4	0	4	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

統計力学的に厳密な定式であることを示した[業績1]自由エネルギーランドスケープ (FEL) 理論を発展させ、微視的な立場からガラス転移の機構を明らかにする。協調緩和領域とAdam-Gibbs理論の検証、ボソンプークを与えるダイナミクスによるFELの構築、複雑なランドスケープ上のダイナミクスの繰り込み変換に基づくガラス転移点の決定、一成分単純液体のガラス形成過程によるFEL理論の検証、動的不均一性やメモリー効果の理解を順次行い、ガラス転移を理解するパラダイムとしてFEL理論を確立する。

世界で唯一の理論



新材料・タンパク質など広い  
応用が期待される

# ひらめき☆ときめきサイエンス

気体・液体・結晶  
過冷却液体・ガラス

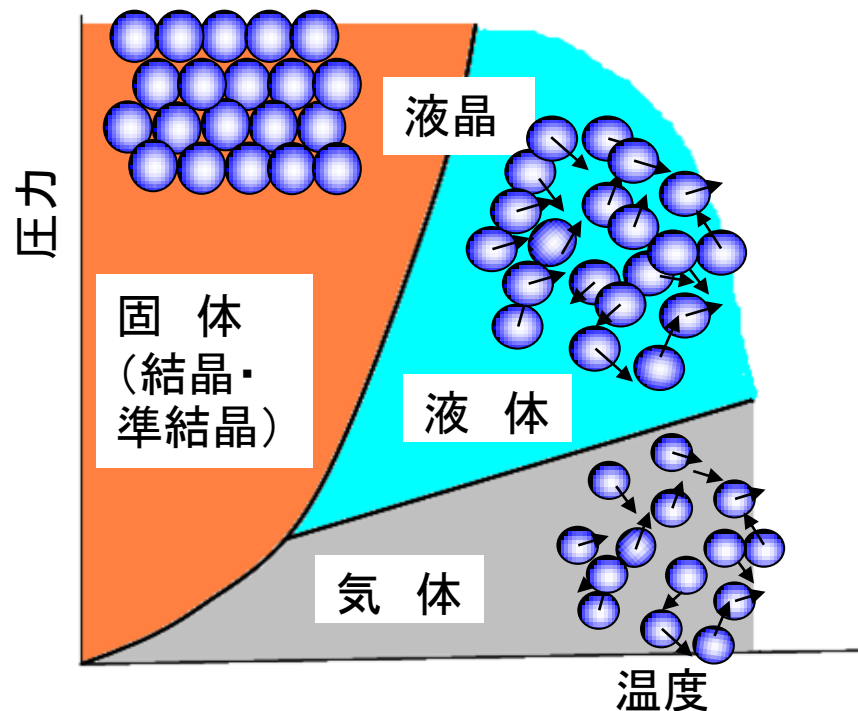
# 第1章 物質の三相と過冷却状態・ガラス状態

## 1. 物質の三つの相

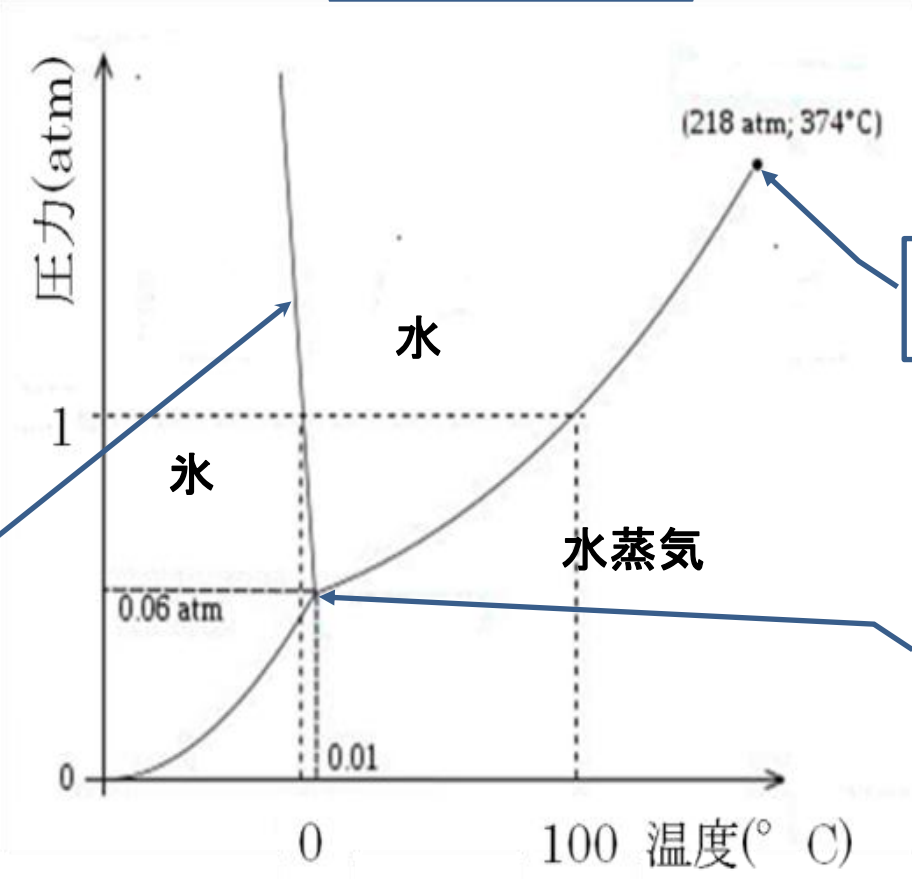
相： 物理的・化学的に一様で、時間的に変化しない物質の状態

物質は、圧力と温度を与えると決まった相をとる。

相図



# 水の相図



臨界点

三重点

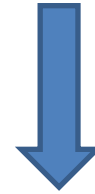
負の傾き: 圧力が上がると融点が下がる(水の特徴)

# 物質の安定性

できるだけエネルギーを低く



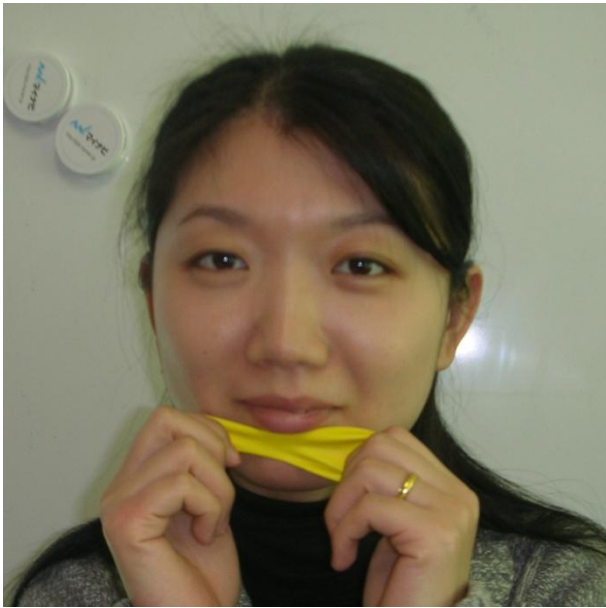
できるだけ動き回れるように



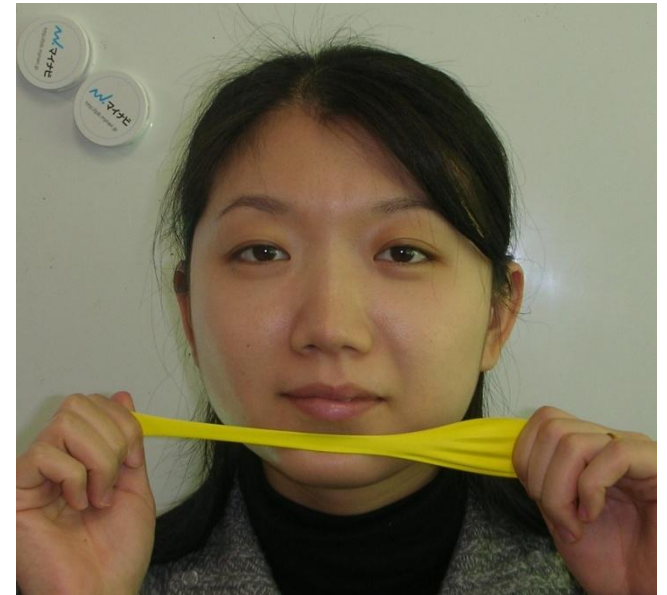
エントロピー

# エントロピーについて

## ゴムの不思議



急に伸ばすと



急に縮めると

# 高感度センサーによる実測



変化

温度は

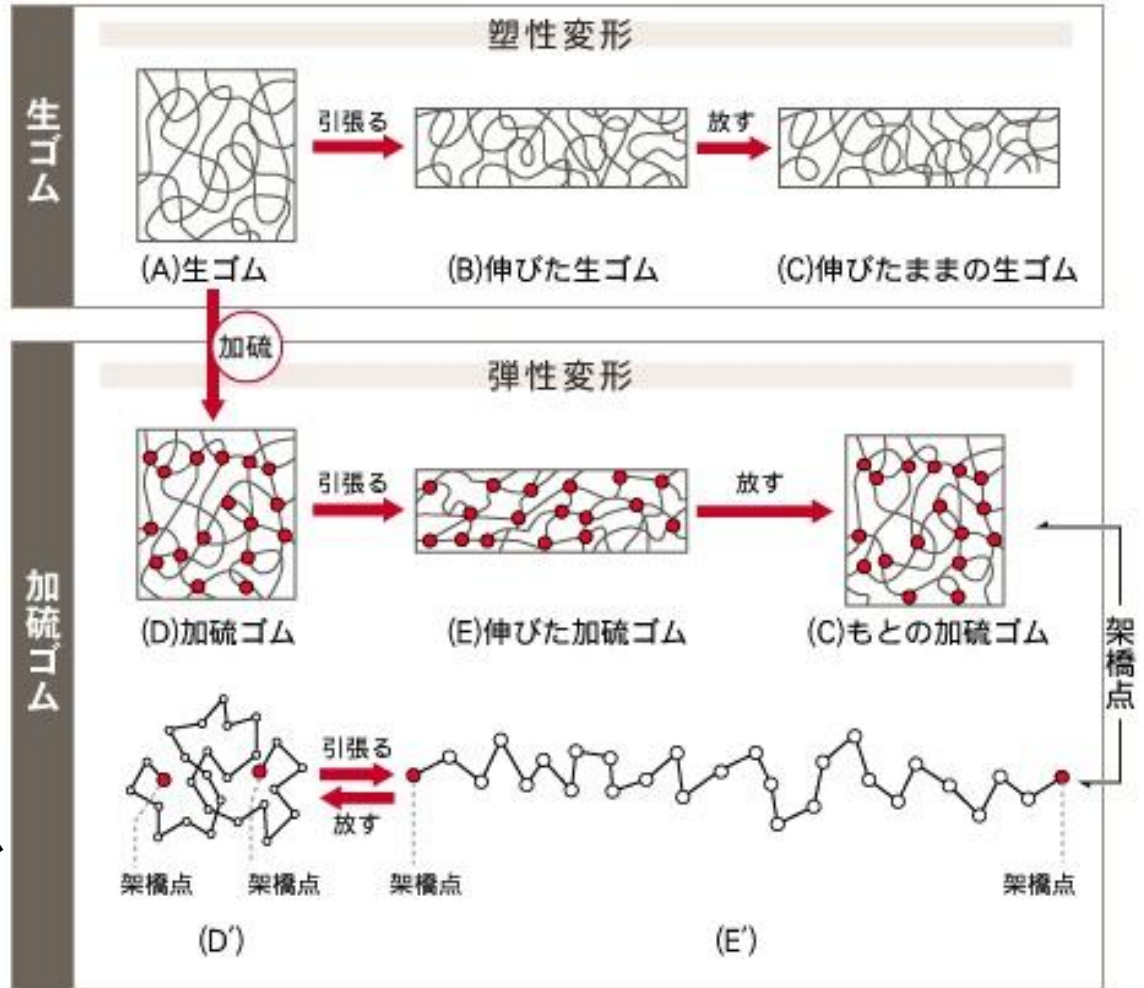
1. ゆっくり伸ばすと

2. 急に伸ばすと

3. 急に縮めると

4. 急に伸ばして縮めると

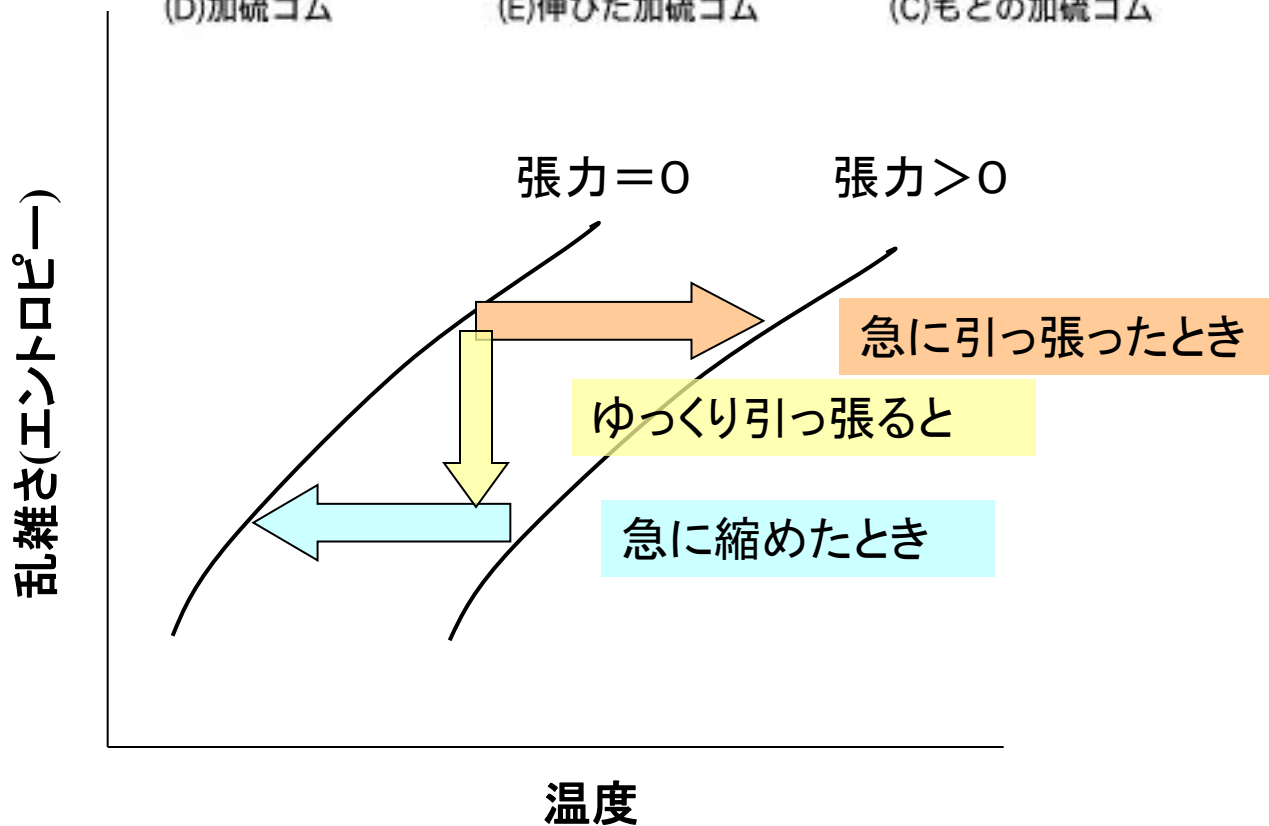
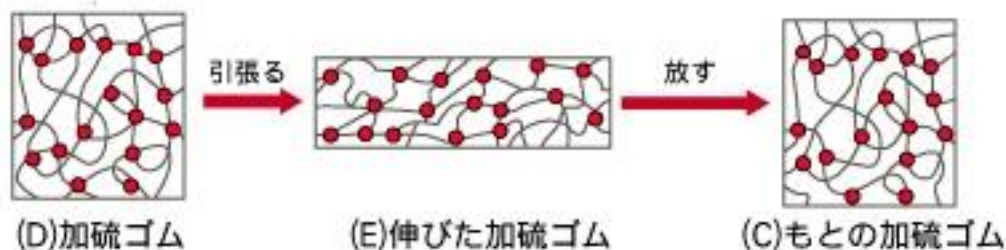
# ゴムって？



・硫黄を混ぜると(加硫)、ゴムはのびちぢみする！



# ゴムは引っ張ると何故暖かくなるか



同様の現象:気体の断熱膨張、断熱圧縮、断熱消磁



冷却装置、エアコン

# 物質の安定性

できるだけエネルギーを低く



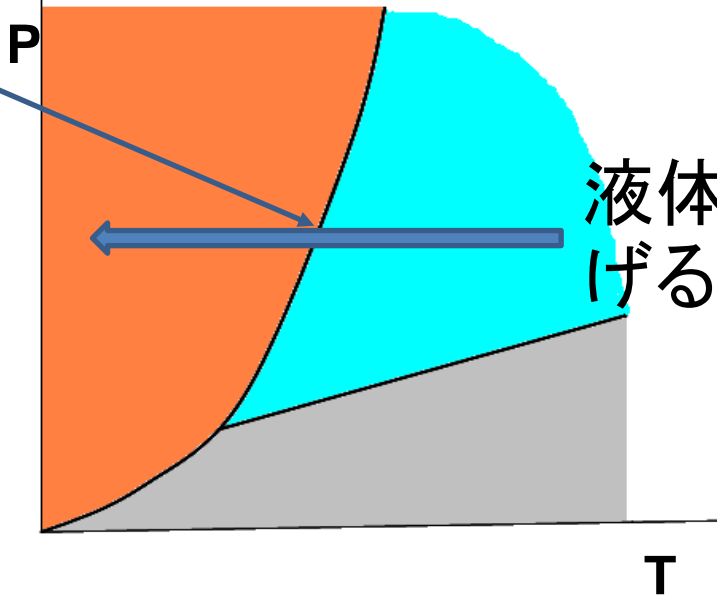
できるだけ動き回れるように



自由エネルギーの最も低い状態が出現

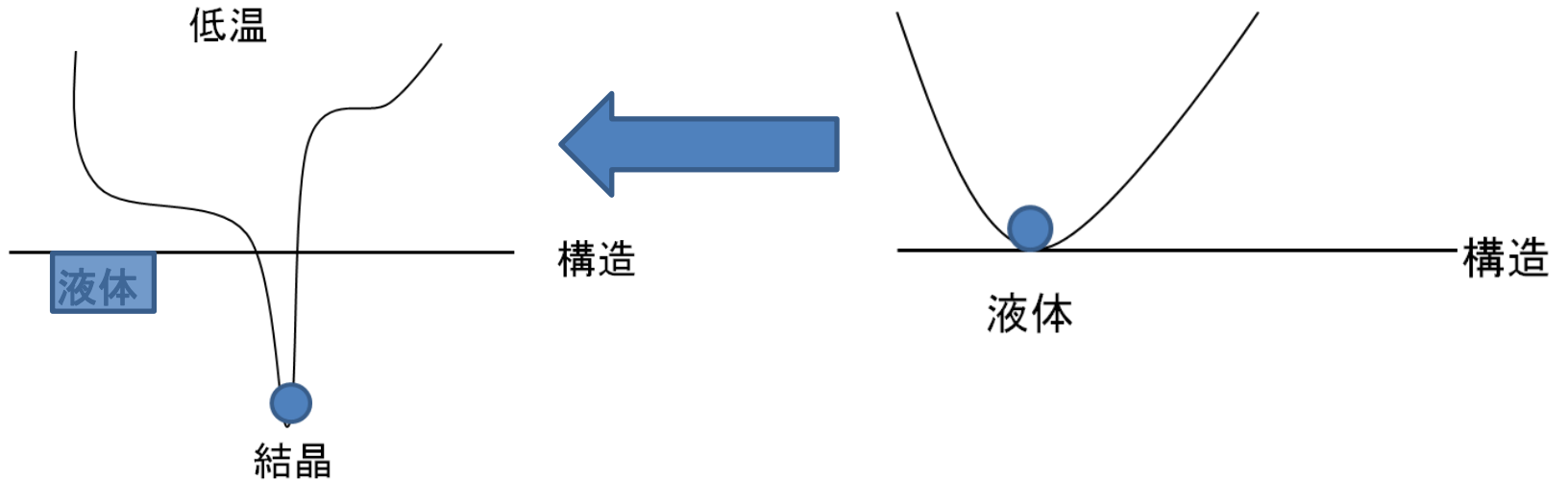
# 相転移

融解点 =  
凝固点



液体の温度を下  
げる

T  
高温



低温

液体

結晶

構造

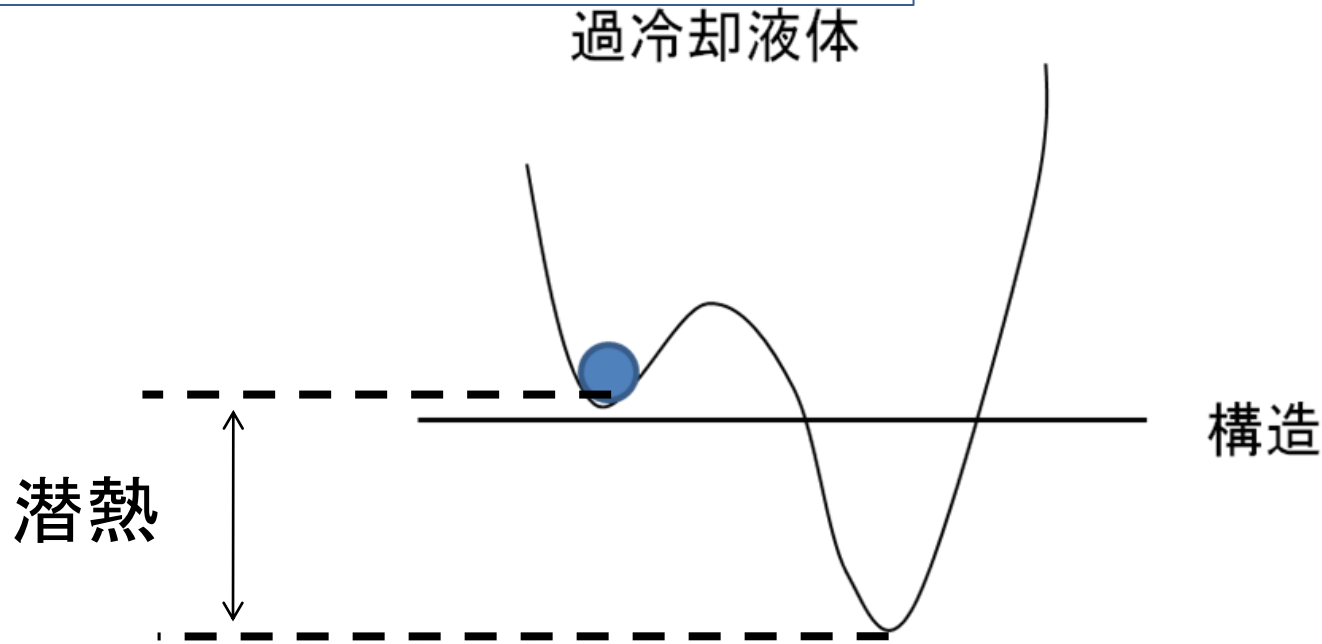
液体

構造

## 2. 過冷却状態と結晶化

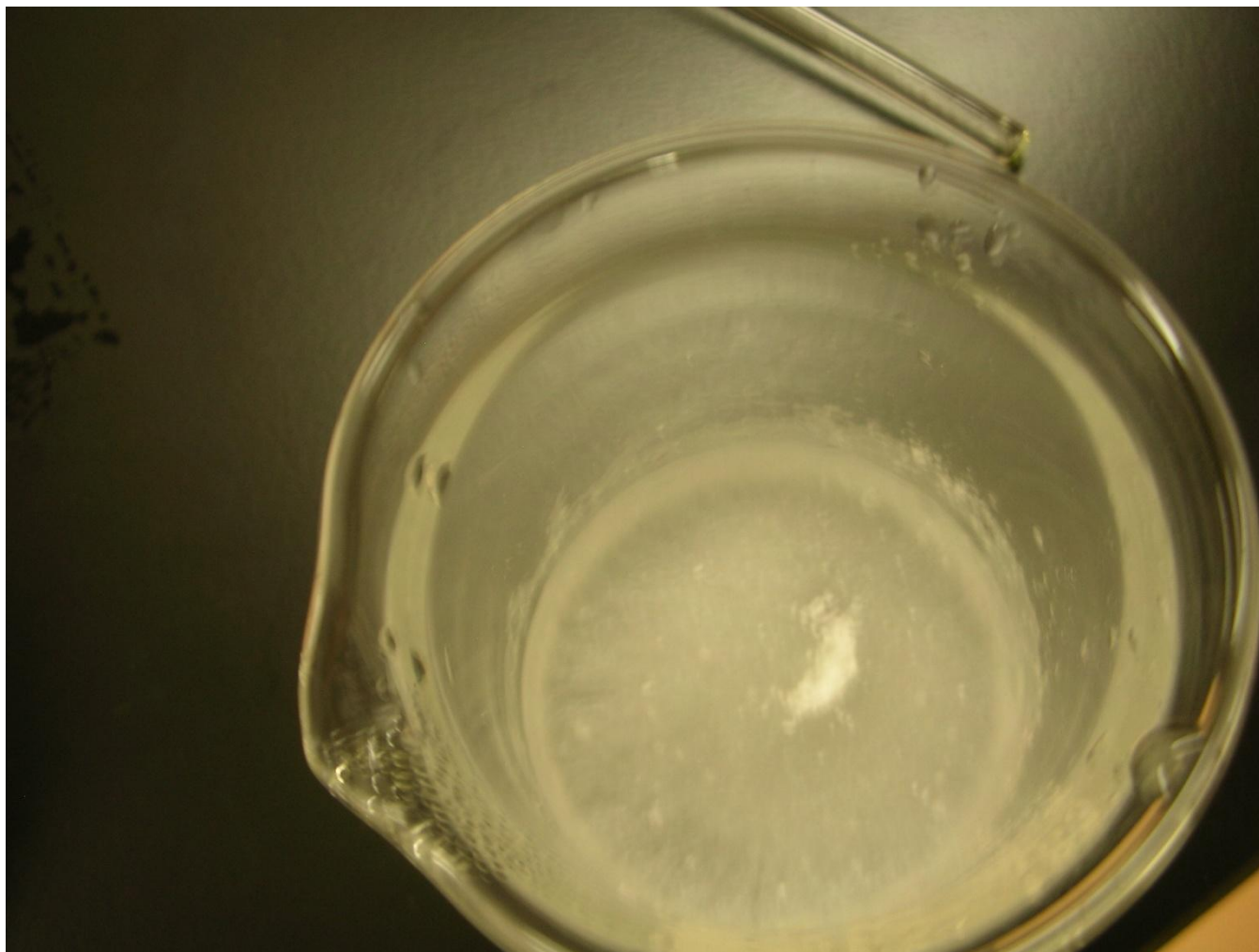
融解点より少し下の温度では、結晶化に何らかのきっかけが必要

種をいれると結晶化する



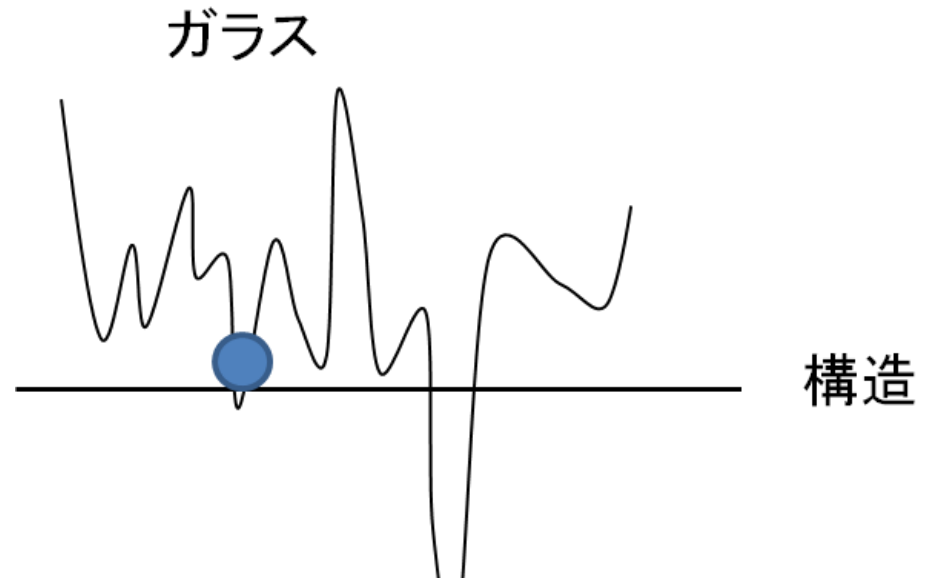
自由エネルギーの差が熱として放出される

# 過冷却状態の結晶化デモ



# 3. ガラス状態

液体を急速に冷やすと液体の構造を保ったまま固化し、ガラス状態になる。



- ・ガラスは、(準)安定的に長い間存在できる  
例：窓ガラス、グラス、黒曜石、飴、プラスチックガラス
- ・暖めると、結晶の融点より下の温度で徐々に溶け、過冷却液体になる
- ・その途中で、比熱や色々な異常が見られる
- ・冷やすと徐々に固化してガラスになるものも存在する

# ガラスと結晶の違い

Ice Mermaid



K. Hirata

Glass Mermaid



粹工房



1800~2000年前



ローマングラス銀化瓶  
東地中海沿岸域出土  
1-2世紀

ローマ時代シリア地方で吹きガラス技法が発明され従来の一品生産から大量生産へ、貴重品から日常品へと変化していった。  
器種についても今日我々が日常使用しているものはほとんど全てが作られ中国、朝鮮、日本を含む全世界各国へ輸出されていった。我国ではガラスの虹色に輝く銀化色がとりわけ茶人に好まれ珍重されている。  
[出水 常雄:ガラス入門より]



● 紅玉  
紅玉髓の玉  
で採取した  
もの。メソポタミア  
だが、資源が少  
紅玉髓の首飾  
ル国内で完成

0~4500



アリュバロス型小壺  
エジプト  
紀元前6-5世紀

● メソポタミアからその技法を導入したエジプトでは美しいコアガラスを千数百年間作り続けた。金属の芯金を中心に耐火粘土で内型を作り乾燥固化したものに溶けたガラスを巻付け全体を覆い灰の中に入れて徐冷したのちに内部の芯金を引出し粘土をかき出して完成させたものである。天然の宝石ではかなえられない美しい器を人工的に作り出したという意味で宝石の器と同等の価値を持っていた。  
[出水 常雄:ガラス入門:より]

2400~2600年前



# ガラスは日本でも古代から使われていた



黒曜石鏃(縄文時代)



勾玉(弥生時代)(輸入?)



正倉院白瑠璃椀(8c)

遣隋使(600~614)

遣唐使 (630~894)

## 『延喜式（大蔵省式）』

四等官より下の構成員

(1) 史生（ししょう、書記官）、雑使（ぞうし）、僉人（けんじん、使節の従者）

(2) 訳語（やくご、通訳）、新羅・奄美等訳語、主神（神主）、医師、陰陽師（易占、天文観測）、卜部（うらべ、占い師）、射手（いて）、音声長（おんじょうちょう、楽長）

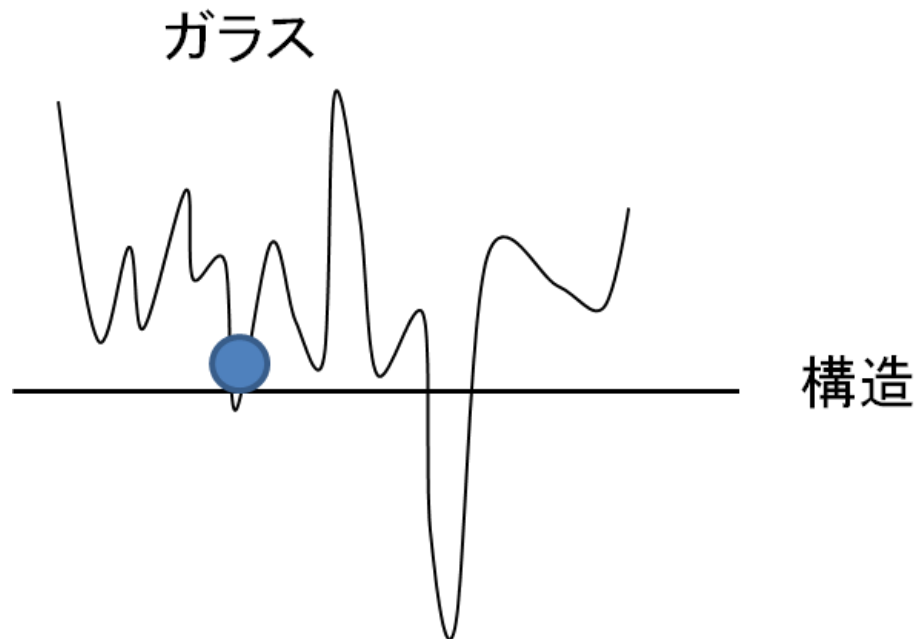
(3) 知乗船事（ちじょうせんじ、船団管理者）、船師（船長）、船匠（船大工）、舵師（かじし、操舵長）、挾抄（かじとり、操舵手）、水手長（かこおさ）

(4) 留学生（るがくしょう、長期留学生）、学問僧（長期留学僧）、請益生（しょうやくしょう、短期留学生）、還学僧（げんがくそう、短期留学僧）

(5) 音声生（おんじょうしょう、楽師）、**玉生（ぎょくしょう、ガラス工人）**、鍛生（たんしょう、鍛冶鍛金工）、鑄生（ちゅうしょう、鑄物師）、細工生（さいくしょう、木工工人）

# 小田垣理論

科研費の研究では、自由エネルギーの構造からガラスが融けるときに示す異常をすべて理解できることを示した。



# ガラス状態を利用した食品

飴



糖＋水のガラス

鰹節



タンパク質＋水  
のガラス

アイスク  
リーム



糖＋脂質＋タンパ  
ク質＋水のガラス

スパゲ  
ティ



デンプン＋水のガ  
ラス

# 過去・現在・未来



黒曜石

過去



グラス

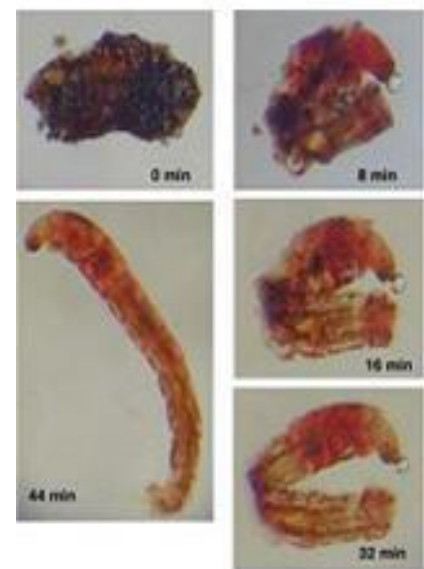


光ファイバー

現在



ガラス固化体



ネムリユスリカ



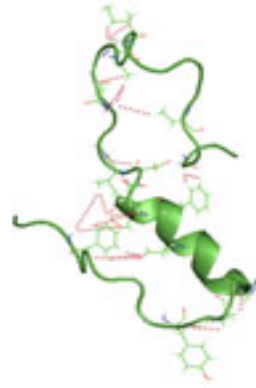
クマムシ

未来

クリプトバイオシス:トレハロース+水系のガラス化

# タンパク質は結晶になると毒となる?

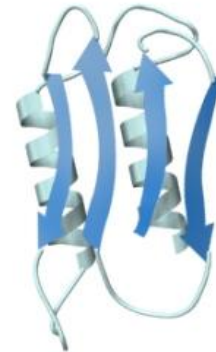
$\beta$ アミロイド:アルツハイマー型認知症



異常プリオン:狂牛病



正常なプリオン



異常なプリオン

小田垣理論に基づく結晶化課程の研究は今後の課題

## 第2章 酢酸ナトリウム水溶液の過冷却状態と結晶化

無水酢酸ナトリウム1モルに対して  
水3モル強を加え、加熱して溶かす



トリガーを入れたビニールバッグに  
いれ、シールする



融点 $58^{\circ}\text{C}$ 以下に温度が下がっ  
ても液体のまま留まる

・トリガーによる結晶化



# ひらめき☆ときめきサイエンス



エコカイロを作ろう





安全のために